

Техническое задание

Дифрактометр

Настольный рентгеновский дифрактометр предназначен для проведения фазового анализа, качественного и количественного анализа порошковых и поликристаллических образцов. Является полностью интегрированной системой с замкнутой конструкцией и встроенной системой радиационной защиты. Установка обеспечивает высокую воспроизводимость результатов и подходит для использования в научных исследованиях, учебных заведениях, а также в рутинных аналитических задачах на производстве. Система характеризуется компактными размерами, возможностью эксплуатации в лабораторных условиях. Дифрактометр оснащается высокоточным гониометром, источником рентгеновского излучения, детектором и программным обеспечением для управления измерениями и анализа полученных данных. Является полностью готовым к работе решением по принципу «Plug-and-Analyze», обеспечивающим простоту и удобство использования.

Описание	Настольный рентген дифрактометр для качественного и количественного анализа кристаллических фаз. Должен быть поставлен вместе с персональным компьютером и плоскопанельным монитором. Оборудование должно обеспечивать низкую стоимость эксплуатации: отсутствие потребления воды, газа для детектора, практически бесконечный срок службы трубки и низкое потребление электроэнергии.
Рентгеновский генератор, рентгеновские трубки и система охлаждения	Генератор рентгеновского излучения должен иметь максимальную мощность не менее 600 Вт (40 кВ / 15 мА). Рентгеновская трубка, с керамическим изоляционным корпусом и анодом из меди, должна быть с одним окном типа LFF (Long Fine Focus), предназначенной для генерации характеристического излучения с высокой стабильностью и долговечностью. Мощность трубки должна составлять от 2,2 кВт для Cu, что обеспечивает его долгий срок службы. Трубка должна обеспечивать эффективное излучение в широком диапазоне длин волн, подходящих для выбранного метода анализа, с высокой выходной мощностью и минимальным тепловым дрейфом. Корпус рентгеновской трубки должен быть без защитного

	<p>затвора на выходном окне излучения. Конструкция корпуса должна обеспечивать надежное экранирование и безопасную эксплуатацию без использования подвижных механических элементов в области выхода рентгеновского пучка.</p> <p>Система охлаждения должна быть встроенного типа с мощностью теплоотвода не менее 600 Вт. Охлаждение должно обеспечивать стабильную работу рентгеновской трубки при мощности до 600 Вт без необходимости внешнего охладителя.</p>
Гониометр	<p>Гониометр должен иметь геометрию Тета/Тета, образец всегда должен быть в горизонтальном положении для предотвращения их осыпания. Приводной механизм гониометра должен быть не требующим обслуживания и выполнен на основе зубчатых передач.</p> <p>Диапазон угловых измерений: от не менее от -3° до 152° по 2θ.</p> <p>Радиус окружности должен составлять не менее 166,5 мм для получения лучшего разрешения.</p> <p>Угловое позиционирование должно осуществляться с использованием шагового двигателя с оптическим энкодером, что обеспечивает высокую точность позиционирования и оптимальную скорость сканирования.</p> <p>Минимальный шаг позиционирования: $0,005^{\circ}$ по 2θ</p> <p>Точность равна или не более $\pm 0,02^{\circ}$ 2θ во всем диапазоне углов.</p> <p>Минимальная ширина на полувысоте линии дифракции должна быть не хуже $0,03^{\circ}$ по 2θ.</p>
Обработка образцов	<p>Система должна включать однопозиционную универсальную платформу для образцов. Платформа должна обеспечивать проведение широкого спектра рентгеновских дифракционных измерений, включая порошковый рентгеновский анализ в геометрии Брегга-Брентано и измерения в режимах скользящего падения для тонкоплёночных образцов. Устройство должно</p>

	<p>обеспечивать наклон (омега) в диапазоне от не менее -10° до $+150^{\circ}$ с шагом не более $0,025^{\circ}$, а также вертикальное перемещение (ось Z) в диапазоне от не менее -3 до $+3$ мм с шагом не более $0,0025$ мм. Платформа легко устанавливается пользователем на самоцентрирующееся крепление гониометра, не требуя привлечения сервисного инженера. В комплект поставки должны входить: подпружиненный фиксирующий держатель для измерений, а также комплект для юстировки, включающий стеклянную щель, экран люминесценции и эталонный образец корунда.</p> <p>В состав комплекта держателей образцов должны входить два набора держателей, выполненных из полиметилметакрилата (ПММА). Первый набор должен включать не менее 10 держателей с диаметром посадочного отверстия для образца 25 мм, при общем диаметре держателя не менее 51,5 мм и высоте не менее 8,5 мм. Второй набор также должен включать не менее 10 держателей, но с увеличенным диаметром посадочного отверстия для образца — не менее 40 мм, при тех же внешних габаритах: не менее 51,5 мм в диаметре и не менее 8,5 мм в высоту.</p>
<p>Аксессуары/компоненты для кондиционирования луча</p>	<p>Комплект аксессуаров должен включать следующие элементы:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 2 антирассеивающих экрана для образцов диаметром не менее 51,5 мм. Один из них должен обеспечивать возможность работы с отверстиями диаметром не менее 1 мм и более 3 мм, второй — с отверстиями не менее 0,5 мм и не более 2 мм для низкоугловых измерений. Оба устройства должны устанавливаться при помощи магнитного держателя с возможностью инверсии в два фиксированных положения. • Держатель для тонкопленочных образцов: держатель должен быть вакуумного типа, предназначен для установки на универсальную прецизионную

	<p>платформу. В комплекте должны поставляться вакуумный насос, шланг и коннекторы.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Два никелевых фильтра толщиной не более 0,01 мм и не более 0,02 мм для подавления излучения Cu-Kβ на уровне примерно 1,5% и 0,5% соответственно от интенсивности Cu-Kα. • Два поглотителя из меди толщиной не более 0,1 мм и не более 0,2 мм для стороны падения луча. Поглотитель толщиной не более 0,1 мм должен обеспечивать ослабление излучения Cu на уровне 1:89 и Mo — на уровне 1:80, поглотитель не более 0,2 мм — ослабление Cu 1:79 и Mo 1:62,5. • Вставная антирассеивающая щель с диаметром не более 3 мм для низкоугловых измерений • Комплект регулируемых щелей для стороны падения луча (не более 0,05 мм и не более 0,1 мм) с двумя съемными медными поглотителями толщиной не более 0,1 мм, обладающими описанными выше характеристиками по ослаблению. Также должен быть включен экваториальный коллиматор (соллер-щель) с углом расходимости не более 0,2° для параллельной геометрии. • Набор запасных частей для технического обслуживания, включающий сменные фильтрующие прокладки, запасную мембрану для насоса охлаждающего блока, а также жидкость охлаждения.
<p>Детектор</p>	<p>Детектор должен быть твердотельным, многоканальным, предназначенным для регистрации рентгеновского излучения с высоким пространственным и энергетическим разрешением. Количество каналов должно составлять не менее 160 и подканалами не менее 2400. Размер активной области должен быть не менее 12 × 16 мм. Угловое покрытие — не менее 2,5° по 2θ. Пространственное разрешение должно составлять не менее 75 мкм.</p>

	<p>Энергетическое разрешение — не менее 999 эВ (при Cu-излучении при температуре 25°C). Детектор должен быть оптимизирован для излучения Cu-Kα и поддерживать работу с излучением Cr, Co, Cu, Mo. Эффективность регистрации — не менее 99% для излучения Cu, Cr, Co и около 50% для Mo. Максимальная суммарная скорость счета — не менее 125 000 000 импульсов в секунду. Фоновый шум должен составлять не более 0,05 импульса в секунду на весь детектор. Количество допустимых дефектных каналов — не более одного. Не допускается маскирование дефектных пикселей, каналов, полос или областей с использованием интерполяции данных или процедур калибровки детектора. Работа системы в режиме фиксированного сканирования должна обеспечиваться без пропусков в данных.</p> <p>В комплекте с детектором должно поставляться универсальное крепление для установки фильтров, щелей, соллеровских коллиматоров (осевых или экваториальных), либо телескопической щели.</p>
<p>ПК и программное обеспечение</p>	<p>Программное обеспечение должно обеспечивать интерпретацию одно- и двумерных данных порошковой рентгеновской дифракции с использованием анализа полного профиля. Необходимо наличие инструментов для анализа пиков, включая поиск, определение положения, среднее положение интенсивности пиков и интегральной площади. Требуется функциональность по вычитанию фона, сглаживанию данных, удалению компонент Kα2, а также коррекции угла 2θ и смещения образца. Поддерживается расчет массовых коэффициентов поглощения, глубины проникновения излучения, размеров кристаллитов по методу Шеррера, а также выполнение математических операций над сканами. Программа должна обеспечивать обработку нескольких сканов одновременно и поддержку данных с переменным временем счета.</p>

Программное обеспечение должно содержать модуль фазовой идентификации с поддержкой работы с внешними референсными базами данных и пользовательскими базами. Алгоритмы поиска должны учитывать смещения по 2θ и ошибки позиционирования, а также предусматривать идентификацию твердых растворов и изоструктурных фаз. Должна быть реализована функция наложения результатов поиска на экспериментальные данные с отображением индексов отражений. Требуется наличие инструмента для количественного фазового анализа на основе метода относительных интенсивностей, а также расчет степени кристалличности.

Программа должна поддерживать обработку двумерных дифракционных данных. Должна быть предусмотрена визуализация данных с возможностью масштабирования, а также представление результатов в виде таблиц и графиков. Необходимо наличие функций подготовки отчетов, экспорта изображений и передачи результатов в централизованную базу данных для последующего анализа.

Дополнительно, программное обеспечение должно содержать модуль кластерного анализа с возможностью сравнения большого массива дифрактограмм по полному профилю. Требуется реализация статистических методов для оценки степени сходства между образцами. Интерфейс должен включать визуализацию результатов, наложение профилей, интерактивные графики и автоматическую генерацию отчетов с фиксацией настроек и полученных данных. Поддерживается полуколичественный анализ методом сопоставления профилей.

Лицензирование программного обеспечения должно предусматривать установку на неограниченное количество рабочих мест внутри организации заказчика с ограничением только по количеству одновременно работающих пользователей в соответствии с числом

	<p>приобретённых лицензий. Программное обеспечение для обработки и анализа данных должно поставляться с аппаратным ключом защиты (USB-донгл), обеспечивающим доступ к полному функционалу согласно лицензии. Аппаратный ключ должен быть совместим с интерфейсом USB и включён в поставку. Программа должна быть совместима с операционными системами Windows 8 и Windows 10 и поставляться как 32-битное и 64-битное приложение.</p>
<p>Безопасность</p>	<p>Система соответствует требованиям Директивы 2006/42/ЕС (Директива по машинам), а также Директивам 2014/35/EU (по низковольтному оборудованию) и 2014/30/EU (по электромагнитной совместимости). Конструкция прибора гарантирует максимальную рентгеновскую безопасность за счёт применения двух независимых отказоустойчивых цепей безопасности. Установка соответствует уровню безопасности E в соответствии с EN ISO 13849-1. Уровень рентгеновского излучения за пределами корпуса установки составляет менее 1 мкЗв/ч.</p>
<p>Необходимые инструкции и документация</p>	<p>В комплект поставки входит справочник по основам рентгеновской дифракции, который содержит теоретические основы метода порошковой дифрактометрии, описание принципов генерации и детектирования рентгеновского излучения, а также основные режимы работы и применения прибора. Данный справочник предназначен для пользователей с различным уровнем подготовки и обеспечивает понимание принципов работы оборудования и методологии анализа получаемых данных. Также поставляется руководство по предустановке, в котором подробно описаны требования к помещению и инженерным коммуникациям, включая минимальные габариты установки и зоны обслуживания, требования к электропитанию, заземлению, вентиляции, температурно-влажностному режиму, а также особенности</p>

	<p>транспортировки, размещения и подготовительные работы, которые заказчик должен выполнить до начала монтажа. В комплект входит руководство оператора с подробными инструкциями по правильной и безопасной эксплуатации оборудования, включающее описание интерфейса и элементов управления, пошаговые инструкции по запуску и выполнению измерений, меры предосторожности при работе с рентгеновским оборудованием, порядок технического обслуживания, рекомендации по устранению возможных неисправностей и контактные данные службы технической поддержки. Кроме того, поставляется папка с документацией, включающая заводские протоколы испытаний, подтверждающие соответствие техническим характеристикам, сертификаты соответствия нормам рентгеновской безопасности и международным стандартам, сертификаты калибровки, спецификации оборудования и комплектности, а также журнал учета технического обслуживания при необходимости. Вся документация предоставляется на русском языке.</p>
Срок поставки	Не более 150 дней с момента подписания договора.
Требования к пуско-наладке оборудования	Пуско-наладка оборудования на месте эксплуатации.
Метрологическое обеспечение	Поставщик должен обеспечить внесение оборудования в государственный реестр средств измерений Республики Казахстан путем проведения метрологической аттестации в течение не более 6 месяцев с момента поставки.
Условия гарантийного сервисного обслуживания	Гарантийное сервисное обслуживание предоставляется сроком не менее 12 месяцев. Год выпуска оборудования должен быть не ранее 2025 года. Работы по техническому обслуживанию выполняются в соответствии с требованиями эксплуатационной документации и включают настройку и регулировку изделия, выполнение специфических для данного оборудования операций, чистку, смазку и при необходимости переборку основных

	<p>механизмов и узлов. Также обслуживание предусматривает удаление пыли, грязи, следов коррозии и окисления с наружных и внутренних поверхностей корпуса и составных частей изделия с частичной блочно-узловой разборкой, а также выполнение иных операций, указанных в эксплуатационной документации и характерных для конкретного типа оборудования.</p>
--	--